

2. Ключников А.Д., Попов С.К. Диагноз энергетической эффективности и прогноз резерва интенсивного энергосбережения теплотехнологической системы. М.: Изд-во МЭИ, 1999.
3. Ключников А.Д. Критерии энергетической эффективности и прогноз резерва интенсивного энергосбережения теплотехнологии, теплотехнологических установок, систем и комплексов. М.: Изд-во МЭИ, 1996.
4. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника: Справочник / под. ред. А.В. Клименко и В.М. Зорина. 3 изд. перераб. и доп. М.: Изд-во МЭИ, 2004 (раздел 2).
5. Картавцев С.В. Разработка на базе концепции интенсивного энергосбережения перспективной модели энергоматериалосберегающего теплотехнологического комплекса черной металлургии: автореф. дис. ...д-ра техн. наук. М.: МЭИ (ТУ), 2007. 40 с.
6. Напалков Н.Г. Разработка на базе концепции интенсивного энергосбережения перспективной модели энергоматериалосберегающей системы на цементный клинкер: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. М.: МЭИ (ТУ), 2006. 20 с.
7. Попов С.К. Разработка методологии решения задач интенсивного энергосбережения в высокотемпературных теплотехнологиях: автореф. дис. ... -ра техн. наук. М.: МЭИ (ТУ), 2009. 40 с.
8. Петин С.Н. Разработка перспективной модели энерго- и экологически эффективного производства водорода на базе природного газа и комбинирования процессов в черной металлургии: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М.: МЭИ (ТУ), 2009. 20 с.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ГАЗОПАРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМБИНИРОВАННОЙ ВЫРАБОТКИ ТЕПЛОВОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ**

*Петухов Д.В., Веселков Е.А., Эфрос Е.И.  
Вятский государственный университет, г. Киров  
e-mail: [winstr@mail.ru](mailto:winstr@mail.ru)*

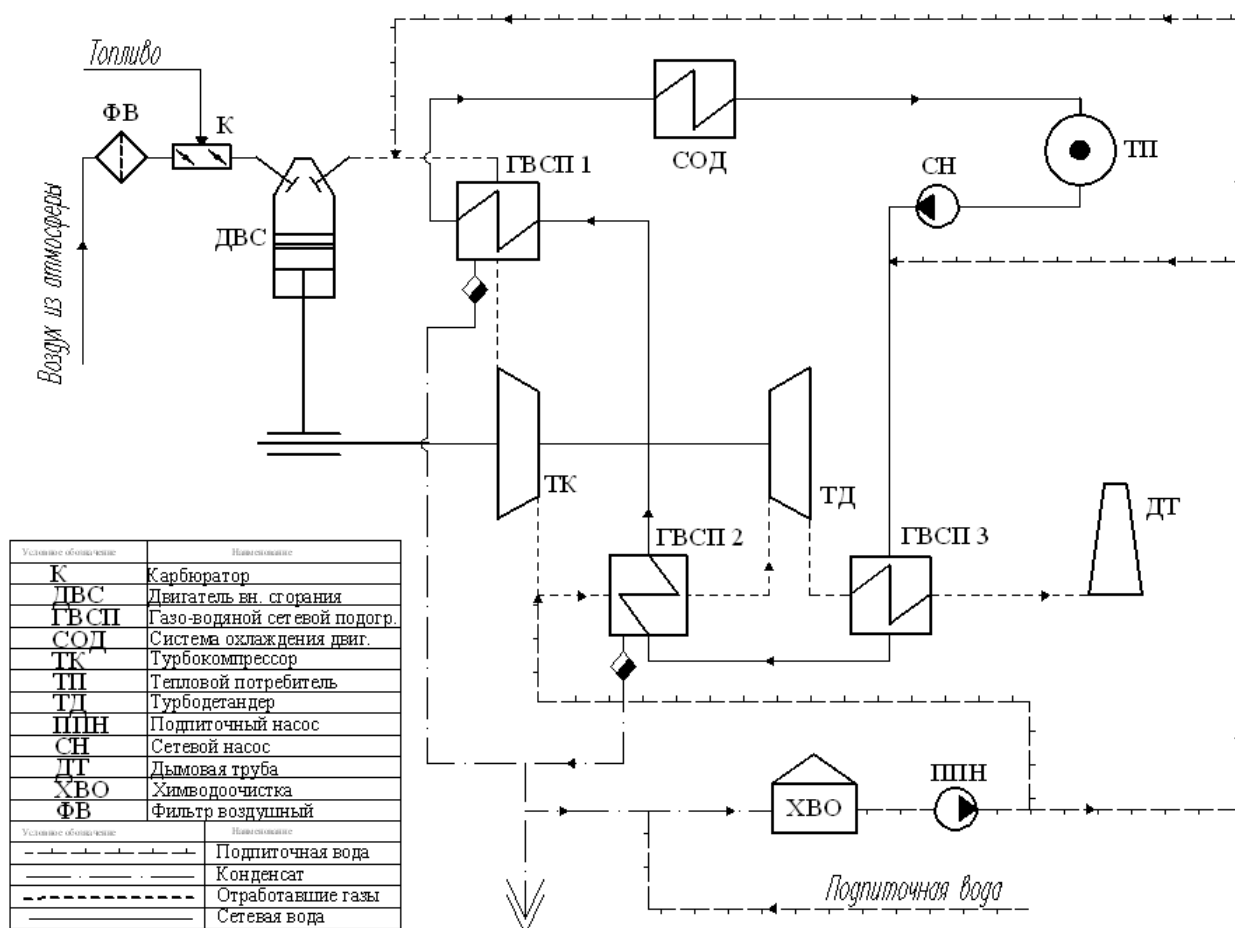
В новых экономических условиях перехода к социально-ориентированным рыночным отношениям, высокого уровня инфляции, невозможности использования централизованных средств для восполнения отработавших свой ресурс и требующих замены генерирующих мощностей, ориентация на традиционное централизованное тепло-энергоснабжение от крупных источников становится проблематичной. В настоящее время наметилась тенденция на строительство децентрализованных комбинированных источников электро- и теплоснабжения, устанавливаемых как в существующих отопительных котельных, так и на вновь строящихся источниках тепла.

Создание таких энергоустановок имеет ряд преимуществ. Среди них основными являются короткие сроки строительства, повышение надежности теплоснабжения потребителей, снижение инерционности теплового регулирования и потерь в тепловых сетях. Создание подобных мини-ТЭЦ возможно на базе классических тепловых двигателей: паротурбинных, газотурбинных, двигателей внутреннего сгорания (ДВС).

Применение газопаровых технологий предполагает использование традиционных тепловых двигателей, в которых рабочим телом является искусственно созданная газопаровая среда. Данная технология позволяет, при определенных условиях, оптимизировать термодинамические циклы тепловых двигателей, а также увеличить эффективность утилизации теплоты уходящих газов.

Газопаровой цикл в газотурбинных установках обеспечивается впрыском водяной среды в газовый тракт (например, в камеру сгорания). Это позволяет

обеспечить поддержание допустимого уровня температуры рабочего тела перед собственно газовой турбиной при минимальном (необходимом для полного сгорания топлива) расходе воздуха, что существенно снижает относительные затраты энергии на привод компрессора. Одновременно подобный цикл способствует решению экологических проблем, поскольку дает возможность значительно (в разы) снизить выброс в окружающую среду оксидов азота. Впрыск водяной среды в газовый контур приводит к повышению парциального давления водяных паров в рабочей газо-паровой среде, что позволяет осуществить практически полную их конденсацию в газо-водяных сетевых подогревателях (ГВСП). Полная конденсация водяных паров из отработавших газов снижает потери теплоты с уходящими газами, а существенно возросший коэффициент теплопередачи позволяет снизить площадь теплообмена в ГВСП, что положительно сказывается на противодавлении и электрической мощности турбины. Подобные газопаровые установки могут быть использованы как альтернатива новых котельных установок в условиях газификации, в качестве мини-ТЭЦ.



Принципиальная схема мини-ТЭЦ на базе ДВС, с системой высокoeffективной утилизации теплоты уходящих газов

Организация газопарового цикла в ДВС возможна за счет: подачи водяной среды во впускной коллектор двигателя, впрыска водяной среды непосредственно в цилиндр, использования водно-топливного раствора или эмульсии. В данном проекте исследовалась работа карбюраторного ДВС при использовании растворов этилового спирта в качестве топлива. Эффективность применения этилового спирта как топлива для ДВС широко известна. Применение водных растворов этилового спирта позволяет повысить детонационную устойчивость топлива, снизить температуры процессов сгорания и расширения, обеспечить высокий экологический уровень отработавших газов, увеличить массовую долю водяных паров в отработавших газах, и как следствие – облегчить процесс сьема тепла в газо-водяных сетевых подогревателях.

В данном исследовании были определены энергетические показатели работы карбюраторного ДВС, проведены экспериментальные испытания лабораторной модели, а также разработаны некоторые способы повышения эффективности утилизации теплоты отработавших и уходящих газов энергетического оборудования.

Система утилизации теплоты уходящих газов, представленная на рисунке, ориентирована на процесс максимальной конденсации водяных паров из отработавших газов ДВС, образующихся при сгорании любого органического топлива. Для этого перед ГВСП 1, в поток отработавших газов, впрыскивается водяная среда, это способствует повышению давления насыщения водяных паров и более интенсивной конденсации влаги в подогревателе. Затем охлажденные, но все еще влажные, отработавшие газы направляются в турбокомпрессор, где они сжимаются, и их температура возрастает пропорционально степени повышения давления. После турбокомпрессора в поток газов также организован впрыск водяной среды, с целью увеличения парциального давления водяных паров. В ГВСП 2, при избыточном давлении, происходит практически полная конденсация водяных паров, а в турбодетандере расширение уходящих газов до атмосферного давления и низких температур.

Представленная система утилизации теплоты уходящих газов может быть с еще большим успехом применена для котельного оборудования, топливом для которого является природный газ.

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования показали возможность создания высокоэффективных мини–ТЭЦ на базе газотурбинных и газопоршневых двигателей с применением газопаровых технологий. При использовании этилового спирта в качестве топлива для тепловой электрической станции, осуществленной на базе ДВС, работающего по циклу Отто, максимальный КПД по выработке электрической мощности, без использования турбонаддува, может составлять 40 %, а коэффициент преобразования теплоты, являющийся отношением дополнительной тепловой мощности ГВСП 2 к затраченной механической мощности в турбокомпрессоре, равен трем. Таким образом, коэффициент использования теплоты топлива на данной установке близок к 100 %.

Для двухтопливных газодизельных установок использование газопаровых технологий позволит получить еще более высокие показатели по удельному расходу топлива и коэффициенту использования теплоты.

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ДИЗАЙН В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

*Пирогов А.Н.*

*ГБУ Свердловской области «Институт энергосбережения»*

*e-mail: a.pirogov@ines-ur.ru*

*www.ines-ur.ru*

В последние несколько лет строительная отрасль находится под влиянием изменившегося подхода в части потребления энергетических ресурсов, комфорта зданий и заботы об экологии. Государство в полной мере поддерживает такие изменения и, в значительной мере, выступает их инициатором. В частности, были приняты федеральные законы, имеющие эпохальное значение: № 261-ФЗ от 23.11.2009 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», № 384-ФЗ от 30.12.2009 «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», № 190-ФЗ от 27.7.2010 «О теплоснабжении». Во исполнение 261-ФЗ был также выпущен приказ Минрегионразвития РФ № 262 от 28.05.2010 «О требованиях к энергетической эффективности зданий, строений, сооружений», предусматривающий поэтапное существенное снижение энергопотребления зданий. В частности, приказ Минрегионразвития РФ № 262 предписывает указывать в задании на проектирование класс энергетической эффективности В («высокий») и процент снижения нормируемого удельного потребления энергии по отношению к базовому уровню, который также устанавливается данным приказом. Таким образом, энергопотребление зданий к 2020 году должно быть снижено на 40 %. Цифра эта совершенно не случайна – именно такой критерий устанавливается Указом Президента РФ от 4 июня 2008 г. № 889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики». Несмотря на предлагаемые приказом мероприятия по повышению энергетической эффективности зданий, очевидно, что для достижения поставленной цели традиционный подход к проектированию, строительству и даже к эксплуатации зданий должен существенно измениться.

Один из вариантов достижения поставленной цели – переход к энергетическому дизайну (в зарубежной практике широко распространен термин, не имеющий прямой аналогии в русском языке - «sustainable architecture» - дословно: «устойчивая архитектура»). Идея использовать количество энергии в качестве меры стоимости объекта была предложена еще в 1983 году В.И. Вернадским. Однако идеи Вернадского не нашли своевременного применения в России, поэтому энергетический дизайн является для нашей строительной отрасли инновационным подходом, предлагающим принятие за основу критерия эффективности - потребление энергии (здесь и далее под энергопотреблением будем понимать потребление не только тепловой, электрической энергии, газа